

大貧民の空場におけるパスの有効性の検証*

大渡 勝己^{1,a)} 田中 哲朗^{2,b)}

概要: 大貧民（大富豪）ゲームにおいて、場にカードが置かれていない（空である）場合はいずれかのカードを出すことが一般的である。一方で UEC コンピュータ大貧民大会で採用されている UEC 標準ルールのように、空場においてパスを合法とするルールにおいても、空場でのパスはこれまで有効視されてこなかった。本稿では UEC コンピュータ大貧民大会 2016 の優勝プログラムである Glicine 同士の対戦により、UEC 標準ルールにおいて実戦で空場でのパスが最善となる局面が出現することを示すと同時に、その頻度と有効性を検証した。さらにパスが最善となる空場局面が存在するためのルールの性質について考察した。

キーワード: 大貧民, 大富豪, 戦略, パス

Can a pass by a leader be effective in Daihinmin games?*

KATSUKI OHTO^{1,a)} TETSURO TANAKA^{2,b)}

Abstract: Generally a leader in Daihinmin (Daifugo) games rarely plays a pass and such plays don't have been thought worthful even with the UEC standard rule which allows them. We show that a pass by a leader sometimes can be effective and how often such states appear in Daihinmin games with the UEC standard rule by games among "Glicine" programs which won the 11th UEC Computer Daihinmin Championship in 2016. We also discuss about passes by leaders in several types of Daihinmin games.

1. はじめに

大貧民（大富豪とも呼ばれる）は日本で広く遊ばれているトランプゲームである。様々なローカルルールがあることで知られるが、ゲームの開始時に配られたカードを順に出していき、カードが無くなった順に順位が付くという点は共通である。

このようなゲームの性質のため、各プレイヤーには出す機会の少ないカードを上手く出していくことが求められる。特に場が流れてカードが何も置かれていない場（以降、空の場、空場と表記する）は全ての役を出すことができる絶好の機会であり、空場でパスを行って出す権利を放棄する

ことの有効性については、これまで検証されてこなかった。

大貧民には様々なルールのバリエーションがあり、空場でパスすることを禁止するルールもある。一方で、電気通信大学において 2016 年までに 11 回開催されてきた UEC コンピュータ大貧民大会^{*1}で採用されている UEC 標準ルールでは、空場におけるパス（以降、空場パスとも表記）が合法とされている。

しかし後者のルールにおいても、実際に UEC コンピュータ大貧民大会無差別級の過去の優勝プログラムに空場でのパスを意図的に行うプログラムは無く、空場でのパスは行動選択の対象外とされてきた。

そこで本稿では、大貧民ゲームの性質のさらなる理解を目的とし、空場パスの有効性を改めて検証することで戦略を再考する。

¹ 東京大学大学院総合文化研究科
Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

² 東京大学情報基盤センター
Information Technology Center, The University of Tokyo

a) ohto@tanaka.ecc.u-tokyo.ac.jp

b) ktanaka@tanaka.ecc.u-tokyo.ac.jp

^{*1} 電気通信大学 UEC コンピュータ大貧民大会
<http://www.tnlab.ice.uec.ac.jp/daihinmin/> (2016. 2. 9 閲覧)

2. 各ルールにおける空場パスの合法性

本節では実際に広く遊ばれている大富豪ゲームにおけるパスの扱いの例を挙げる。

表 1 に、本稿で主に扱う UEC 標準ルール、日本大富豪連盟^{*2} が独自に提唱するルール、Web 上の検索で上位に出てくる主な大富豪ゲームと大富豪アプリの本稿執筆時点におけるパス周りのルールをまとめた。表中におけるパスの永続性とは、パスをした場合に、以降場が流れるまで出すことが出来なくなる性質のことを示す。

表 1 各ルールにおけるパスの扱い

ルール	空場パス合法性	パス永続性
UEC 標準ルール	○	○
日本大富豪連盟 公式ルール	○ ^{*3}	○
Yahoo!モバゲー 大富豪 ^{*4}	×	×
トランプスタジアム 大富豪 ^{*5}	○	×
goo ゲーム 大富豪 ^{*6}	×	○
ゲームのつぼ 大富豪 ^{*7}	○	×
SDIN 無料ゲーム 大富豪 ^{*8}	○	×
HANGAME 大富豪 ^{*9}	×	×
大富豪 BEST ^{*10} ONLINE ^{*11}	×	○×
大富豪 V ^{*12}	○	×
CatTama 大富豪 ^{*13}	○	×
Cross Field 大富豪 ^{*14}	×	○×
dotpico 大富豪! ^{*15}	×	×
tny-soft 大富豪 ^{*16}	○	×

^{*2} 日本大富豪連盟

<http://daifugo-japan.com/> (2016. 2. 9 閲覧)

^{*3} ルール中に記載は無いが、著者が連盟運営に直接確認している。

^{*4} Yahoo!JAPAN モバゲー 大富豪

<http://yahoo-mbga.jp/stdgame/300002> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*5} MasunakaSoft トランプスタジアム 大富豪

<http://playingcards.jp/game/daifugo/> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*6} エヌ・ティ・ティレゾナント株式会社 goo ゲーム 大富豪

<http://game.goo.ne.jp/choi/title/daifugo/> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*7} オキト ゲームのつぼ 大富豪 2

<http://www.afsgames.com/fugo.htm> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*8} SDIN 無料ゲーム SDIN 無料ゲーム 大富豪

<http://sdin.jp/browser/trump/daifugo/> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*9} NHN ハンゲーム株式会社 HANGAME 大富豪

<http://casual.hangame.co.jp/daifugo/> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*10} そらいろ株式会社 大富豪 BEST

<http://www.sorairo.jp.net/daifugo.html> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*11} そらいろ株式会社 大富豪 ONLINE

http://www.sorairo.jp.net/daifugo_o.html (2016. 2. 9 閲覧).

^{*12} 株式会社 PRO 大富豪 V

<https://www.pro-japan.co.jp/sp/game/detail/app040.html> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*13} CatTama 合同会社 大富豪 [トランプゲーム]

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cattama.daihugou> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*14} 株式会社クロスフィールド

大富豪 - 大人気の定番トランプゲーム大富豪
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.crossfield.careerpoker> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*15} 株式会社ドットピコ 大富豪!

<http://dotpico.com/daifugo/> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*16} 株式会社 TNY ソフト 大富豪

表 1 より、複数のルールにおいて空場のパスは合法であり、検討の価値があると考えられる。一般に、パスの永続性があるルールでは、パスをした際に放棄する提出機会が 1 回に収まらないことがあるため、パスの価値が全体的に低いと考えられる。そのためパスの永続性がある UEC 標準ルールにて空場パスの有効性を示すことができれば、パスの永続性がないルールにおいても空場パスが有効になり得ると推測できる。

3. UEC 標準ルール

本稿で主に扱う UEC 標準ルールについて説明する。詳細なルールについては UEC コンピュータ大貧民大会公式ホームページにおけるドキュメント^{*17}を参照されたい。

なお、以下で用いた用語はあくまで本稿における呼び名であり、必ずしも大貧民における一般的な用語とは限らない。

- 参加人数は 5 人。
- ジョーカー 1 枚を含む 53 枚のトランプ（カード）を用いる。
- カードは特定の組み合わせ（役）として場に出すことができる。
- 役にはカード 1 枚（単体）、同じ数字のカード複数（グループ）、同じスートの連番（階段）がある。
- カードの数字によって強さが決まっている。通常時には 3 が最も弱く、2 が最も強い。
- 一定の順番で各プレイヤーに手番が回る。各プレイヤーは提出可能な役を出すかパスすることが出来る。
- 場にカードが無い場合（空場）には、全ての役を出すことが出来る。
- 場にカードが出ている場合には、同じ種類（グループ、階段は枚数も同じ）のより強い役だけを出すことができる。
- 手持ちのカードが無くなった（上がり）順に順位を付け、最後に 1 人が残るまで続ける。
- まだ上がっていない全員がパスをした場合と、以降の特別な場合に、場から役が無くなる（場が流れる、と呼ぶ）。このとき、最後に役を出したプレイヤーの手番になる。
- 流れる基準が「全員のパス」であるため、流れずに同じプレイヤーが連続して役を出すことができる。
- 4 枚以上のグループと 5 枚以上の階段が場に出ると数字の強さの順序が逆転する（革命）。
- 場に出ている役と同じスート構成の役が出ると、以降

<https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.sic.millionaire> (2016. 2. 9 閲覧).

^{*17} <http://www.tnlab.inf.uec.ac.jp/daihinmin/2016/document.html> 2017.2.9 閲覧

場が流れるまで同じスート構成の役しか出せなくなる (スートしぼり).

- 単体のジョーカーは非革命時・革命時共に最強の単体役として出せる.
- 8 のカードを含む役を出すとき場が流れる (8 切り).
- ジョーカーは他のカード 1 枚の代わりとしてグループ・階段に含めることが出来る. このとき革命, スートしぼり, 8 切りのルールも同じように適用される.
- 単体のジョーカーが場に出ている際に, 単体のスペードの 3 を出すことが出来て, 場が流れる (スペ 3 返し).
- 上がり順によって次の試合の階級が決定する. 1 位から 5 位まで順に大富豪, 富豪, 平民, 貧民, 大貧民という階級になる.
- ゲーム開始時には大富豪から席順に 11 枚, 11 枚, 11 枚, 10 枚, 10 枚のカードがランダムに配られる.
- カード配布後, 階級に応じたカードの交換を行う. 大富豪と大貧民の間で 2 枚, 富豪と貧民の間で 1 枚のカードを交換する. 下位 (貧民, 大貧民) は手札内の最も強いカードを渡し, 上位 (大富豪, 富豪) はそれを受け取った後にどのカードを渡すかを選ぶことができる. ただし, 上位はサーバーからのカード配布時点で下位から受け取ったカードをすでに持っており, どのカードを渡されたか知ることができない.
- ダイヤの 3 を持つプレイヤーが最初に手番を持つ.
- 各ゲーム後に上がり順に 5 点, 4 点, 3 点, 2 点, 1 点が与えられ, 大会では合計得点で勝敗を決める.
- 最初のゲームでは全員が平民である. その後は一定試合数 (大会や本稿では 100 試合) ごとに階級が初期化される. 全員が平民の場合カード交換は行われない.
- 一定試合数 (大会や本稿では 3 試合) ごとに席順をランダムに変更する.

4. プログラムによる空場パス最善局面の割合解析

本節では, UEC 標準ルールにおいて実戦で空場パスが選ばれることがあるか, またその頻度と有効性について, 2016 年 UEC コンピュータ大貧民大会無差別級優勝プログラムの「Glicine」*18 を用いて解析する.

4.1 解析に使用したプログラムの概要

著者が製作し 2016 年の UEC コンピュータ大貧民大会無差別級で優勝したプログラム Glicine は文献 [1] に記載した手法をベースとしている. 文献中の手法からの主な相違点は以下である.

- カード交換方策のパラメータ数が約 1 万, 役提出方策のパラメータ数が約 5 万と, 論文 [1] 記載のものより

高度化

- ルートで行動候補が 3 つ以上の場合のシミュレーションの割り振りアルゴリズムを UCB1-tuned[2] から UCB $\sqrt{c}$ [3] に変更
- シミュレーション中の行動方策関数を softmax 関数から変形した以下の関数に変更

$$V'(s, a) = V(s, a) - \alpha (\max_{b \in A} V(s, b) - V(s, a))^{\beta} (1)$$

$$\pi(s, a) = \frac{e^{V'(s, a)/T}}{\sum_{b \in A} e^{V'(s, b)/T}} (2)$$

ただし s は状態, A は s での行動候補集合, $a \in A$ は行動, V は行動評価関数, V' は修正行動評価関数, π は方策 (行動選択確率). T, α, β は定数で, 公開版の設定では $T = 1.1, \alpha = 0.22, \beta = 2$.

主にこれらの変更により, 多くの対戦組において論文記載時のプレイヤーよりも高い得点率を上げることを著者は確認している.

実験を行うにあたって, UEC コンピュータ大貧民サイト上で公開されている Glicine*19 から以下の点を変更した.

- ルートのみ空場の合法行動生成時にパスを追加
- シミュレーション結果の事前分布を行動評価関数の出力を元に作成することをやめた (時間効率向上を目的とした処理であるため)
- シミュレーション回数を 1 行動あたり 5000 回に固定 (統計的誤差を小さくするため, 大会時より平均的に多くなるようにした)
- 使用スレッド数を 1 に変更

それ以外の点は公開版の設定そのままである. 公開版から変更を加えた実験用プログラムを以降「実験用 Glicine」と表記する.

4.2 行動の評価方法

パスが最善となる空場局面について考える上では, パスが他の行動よりどの程度優れているかも重要である. 本稿においては試合を行った実験用 Glicine 自身がモンテカルロ法で算出した期待得点の, パス以外の行動の最高点との差を利用した. これは, パスを行動候補に入れなかった場合に比べて何点分高い得点を獲得できるかを表す推定値である.

この「得点」について詳しく述べる.

UEC コンピュータ大貧民大会では, 各ゲーム後に順位によって 5 点から 1 点が与えられる.

大貧民においてはカード交換というルールにより 1 試合の順位が次の試合にも影響し, その有利度は順位に対して一般に非線形であると考えられる. 文献 [1] ではその点を加味し, 次の試合以降に獲得する点数の期待値も考慮した

*18 イタリア語で「藤」を意味する.

*19 <http://www.tnlab.inf.uec.ac.jp/daihinmin/2016/downloads.html>
2017.2.9 閲覧

報酬をシミュレーション末端報酬として用いている。本研究で用いた実験用 Glicine もこういった実装を行っており、順位報酬テーブルの値は表 2 である。

表 2 は、100 試合に 1 度の階級初期化までの残り試合数ごとに、各順位で上がることが 5 位（大貧民）より何点分良いと評価するかを表している。階級初期化の直前の試合においては実際に 1 ゲームで得る得点差と等しく、残り 14 試合では 1 位（大富豪）の価値は 5 位（大貧民）に対して 9.67 点分良いと評価する。

残り試合数	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
0	4.00	3.00	2.00	1.00	0
1	6.21	4.66	2.72	1.21	0
2	7.55	5.65	3.09	1.30	0
3	8.37	6.24	3.31	1.35	0
4	8.87	6.61	3.44	1.37	0
5	9.18	6.83	3.52	1.39	0
6	9.37	6.97	3.57	1.40	0
7	9.49	7.06	3.60	1.41	0
8	9.56	7.11	3.62	1.41	0
9	9.61	7.14	3.63	1.41	0
10	9.63	7.16	3.64	1.41	0
11	9.65	7.17	3.64	1.42	0
12	9.66	7.18	3.64	1.42	0
13	9.67	7.18	3.65	1.42	0
14 以上	9.67	7.19	3.65	1.42	0

実験結果においてはこちらの表をもとに計算された評価を報告する。つまり、パスが他の行動より 1 点優れていると判断したとして、それは当該試合での順位 1 つ分ではなくそれ以降の試合で得る得点分も加味した値である。以降では、実験用 Glicine が算出したパスと他の行動との評価の差を「パスの推定優位度」と呼ぶ。

なお、Glicine の方策パラメータの学習に用いた棋譜中には空場でパスをした局面が含まれてはいなかったと考えられるので、空場でパスをしたプレイヤーがいる局面においてシミュレーション中の役提出の選択に乱れがある可能性は否定は出来ない。

4.3 実験手順

実験用 Glicine プログラム 5 つで 1 セット 1,000 試合を 1,000 セット、計 1,000,000 試合を行った。この際棋譜のみならず各プレイヤーの思考結果を出力し、パスをどの程度評価しているかの解析に用いた。

4.4 実験結果

計 100 万試合で役提出の総局面数は 79,776,916 局面、そのうち空場が 15,690,461 局面含まれていた。その中でパスが選ばれた局面は 8,916 局面（空場全体の約 0.057%）で

あった。一方、空でない場 64,086,455 局面のうちに役提出が可能な局面は 28,256,768 局面あり、その中で約 31% の 8,773,111 局面でパスが選ばれた。

空場でパスが選ばれた時点での残り人数と最終的な順位の分布を表 3 に示した。

表 3 空場パスが選ばれた際の残り人数と結果順位

	順位					計
	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位	
5 人	17	53	36	96	509	711
残り 4 人		13	73	138	505	729
人数 3 人			74	1783	5494	7351
2 人				0	125	125
計	17	66	183	2017	6633	8916

表 3 より、空場でパスが選ばれた局面は残り 3 人の場合が大部分であった。なお、実験用 Glicine の多人数での必勝判定ルーチンは空場でパスを必勝と判断することはないので、残り 3 人以上は全てモンテカルロ法によりパスが選ばれた局面である。また最終順位は 5 位のことが多かった。

パスが選ばれた局面とその推定優位性の結果の分布を表 4 に表した。ルートの行動の評価点は小数点第 2 位より下を切り捨てた値を出力し、その差によって計算しているので、0.02 点程度の誤差は許容している。また残り 2 人時は実験用 Glicine がモンテカルロ法を使って行動決定しないが、表 3 において残り 2 人時にパスをして勝った試合は無いので、その場合は評価 0 点として計算した。

表 4 他の行動に対するパスの推定優位度の分布（100 万試合）

得点差	局面数
0~	4774
0.01~	1013
0.02~	852
0.04~	712
0.08~	640
0.16~	445
0.32~	311
0.64~	144
1.28~	24
2.56~	1
5.12~	0
計	8916

パス以外の行動との得点差 0 点で選ばれた局面の中には、評価が全て 0 点であった（確実に最下位と評価した）ものがあり残り 2 人局面と合わせて 3079 局面あった。その他にも、確実に 4 位として評価した局面なども多数含まれている。実験用 Glicine がパスを他の行動より「良い」と判断した局面は、得点差 0 点の局面を除いた 4142 局面となる。

パスの推定優位度の最高点は 2.79 点であった。

最後に、仮に実験用 Glicine の評価が正確であったと仮

定した場合に、空場パスをルートで考慮することによる
1 試合あたりの得点増加の期待値は約 0.00054 点と推定され
た。

5. 空場パス最善とプログラムが判断した局面
の検討

本節では、前節の実験で行った対戦においてプログラム
が空場でパスを最善と判断した局面を紹介し、検討を行う。

以下本稿における局面表記法について説明する。

5 人のプレイヤーは、プレイヤー 1 を自分とし他プレイヤー 2～
5 はプレイ順に並んでいるとする。P1～P5 は略記である。

カードと役の表記は以下の組み合わせで行う。

- スート：C(クラブ) D(ダイヤ) H(ハート) S(スペード)
- ランク：弱い順に 3 4 5 6 7 8 9 T J Q K A 2

JO は単体のジョーカー、X はジョーカーが他のカード
の代役として利用されていること、p はパスを表す。

交換履歴は↑が強いカードが自動的に上位者に渡される
操作、↓が下位者に自由にカードを渡す操作を表す。自分
自身が関わった交換以外は移動したカードは不明である。

役提出履歴においてプレイヤー名の隣の () 内の数字は履歴
の開始時点での残り枚数を表す。太字になっている役は空
場での提出役であり、提出役の隣に () 付きで数字がある場
合、() 内の順位 (1 位～5 位) で上がったことを示す。紙面
の都合上、最後にパスをして場を流す際には次の空場での
行動も含めて同じ周内の行動として表記する。

5.1 革命に期待して空場パスが選ばれた局面

図 1 は推定優位度が第 2 位の 2.17 点と出力された局面
である。パスに 2.62 点、H-3 に 0.45 点が付けられた。

この局面ではプレイヤー 3 が残り 1 枚であり、10 周目の空
場で出された D-T より強いカードを残していると推測され
る。一方プレイヤー 2 はカード交換時に自分が渡した 2 枚の
K を 12 周目に出さなかったもので、もう 1 枚の K も持って
いる可能性が高い。つまりプレイヤー 3 の手札は (S-Q) の
可能性が高いと考えられる。このときプレイヤー 2 も、同じ
ようにプレイヤー 3 の最後の 1 枚を Q のどれかと推定して
いるだろうと予想が付く。

まず現局面において D-9 を出す場合、プレイヤー 3 の 3 位
が確実で、その後の残り 2 人局面が必ず必敗になるので最
下位がほぼ確実と言える。

CH-3 では、プレイヤー 2 は「プレイヤー 3 が Q を持って
いるだろう」という推定により K ダブルを返す可能性が高
く、その場合プレイヤー 1 は最下位である。

CH-Q を出した場合、K ダブルを返されれば最下位であ
る。返されなければ次の空場をパスで革命待ちが出来るが、
プレイヤー 2 は革命を起こさなければ 4 位以上が確実、革命
を起こせば 4 位以下が確実なので革命は望み薄である。革
命を選ぶかどうかは仮に五分五分でも、最初の K ダブルの

強さの順：革命中でない
プレイヤー 1 (自分) の手札：C3 H3 D9 CQ HQ
プレイヤー 2 の手札：残り 9 枚
プレイヤー 3 の手札：残り 1 枚
プレイヤー 4 の手札：(あがり)
プレイヤー 5 の手札：(あがり)
他プレイヤーの未使用カード：C4 D4 S5 D6 H9 SQ DK HK
SK JO
交換履歴：
P1 ↑ P2 (DK HK) P2 ↓ P1 (H3 C7)
P4 ↑ P3 (1 枚) P3 ↓ P4 (1 枚)

周	P1(10)	P2(11)	P3(11)	P4(11)	P5(10)
1			S-4	H-7	C-T
2	p	D-Q	H-2	p	p
3		p	p S-6	S-9	S-2
4	p	p	p	p	p D-8
5					H-456
6	p	p	p	p	p C-9
7	p	C-A	p	p	C-2
8		p			p C-K
9	p	p	H-A	p	p
10			p D-T	S-A	p
11	p	p	p	p CD-5	p
12	HS-J	p	p	p	
13	p CDS-7	p	CHS-8		
14			DS-3	CD-J	p
15	p	p	p	p C-6	D-A(1)
16	p	p	p	D-2	
17				p HS-T(2)	
18	p	p	p		

図 1 第 136 セット第 672 試合 75 手目の局面 (推定優位度 2.17 点)

選択肢と合わせて 4 分の 1 程度しか期待できないと考えら
れる。

一方現局面で空場パスを選んだ場合も、プレイヤー 2 から
見た状況は CH-Q が通ってから空場パスを選択した場合と
それほど変わりはない。ただ CH-Q が通るかの関門が無い
点と、残り枚数が多いことでプレイヤー 2 がプレイヤー 1 のミ
スに期待しやすいことから、現実的には革命が起こる可能
性は比較的大きいと考えられる。革命が起きない場合は最
下位ではあるが、革命が起きた場合は 3 位になれるので、
現局面でパスに賭けるのは自然な選択である。

実戦の進行は図 2 であった。プレイヤー 1 の期待通り革命
が起こり、3 位になることができた。ただし 2.62 点 (3 位
7 割, 5 位 3 割程度) という実験用 Glicine の評価の妥当性
に疑問の余地はある。^{*20}

^{*20} 実際には、プレイヤー 2 は革命を起こした場合のシミュレーション
が不正確であり 4 位より高評価が出ていたので、革命を選んだこ
とは必然的であった。それも踏まえれば正しかったと言えなくも
ない。

強さの順：革命中でない
プレイヤー 1（自分）の手札：C3 H3 D9 CQ HQ
プレイヤー 2 の手札：C4 D4 S5 D6 H9 DK HK SK JO
プレイヤー 3 の手札：SQ
プレイヤー 4 の手札：（あがり）
プレイヤー 5 の手札：（あがり）
役提出進行：

周	P1(5)	P2(9)	P3(1)	P4(0)	P5(0)
19	p	XDHS-K	p		
20		p H-9			
21	H-3	p	p		
22	p CH-Q	CD-4	p		
23	p	p D-6	p		
24	C-3	p			
25	p D-9(3)	S-5(4)			

図 2 図 1 の局面の実戦の進行

この局面のように、他プレイヤーが革命を持っていると推定して空場でパスを行った局面の割合は多く、全体の推定優位度トップ 50 のうち 45 局面、トップ 100 中でも 81 局面が革命絡み（自分以外の残りプレイヤーが革命を持つ可能性がある場合とする）であった。

さらにトップ 100 中の革命絡みの局面のうち大部分は、自分の次のプレイヤーが革命を持っていそうで、かつそれ以外のプレイヤーの残り枚数が 1 枚～3 枚の場合であった。UEC 標準ルールにおいてこのタイプの局面はもっとも基本的な空場パス最善局面ではないかと考えている。図 1 の局面はその典型的な形といえる。

なお、推定優位度第 1 位（2.79 点）の局面も同じように次のプレイヤーの革命を待つ形であった。ただしこちらについては、パスが良さそうではあったが評価が著者の分析より大分高く、手札配置を絞りすぎているのではないかという所感であった。実戦では手札推定が外れて結果として最下位になっていたこともあり、本稿での紹介は省略する。

5.2 スートしぼり回避のために空場パスが選ばれた局面

図 3 は革命絡みでない局面のうち最も推定優位度が高かった局面である。パスに 1.42 点（「確実に 4 位」程度の評価）、C-6 に 0.12 点が付いた。

表 5 に、この局面で各手札配置において期待される順位をまとめた。この局面では、他プレイヤーの手札配置として考えられる 6 パターンのうち「プレイヤー 3 が CT, D2 でプレイヤー 3 が S7, SK」以外のどの組み合わせであっても、他プレイヤーが妥当な行動を選ぶならばパスが最善行動の 1 つになる。

実験用 Glicine は履歴から、プレイヤー 3 が高い確率で CT と SK を持っているとして推定しており、結果としてパスが 4 位、他の行動がほぼ 5 位と評価している。（表 5 より、手札

強さの順：革命中でない
プレイヤー 1（自分）の手札：C6 HA
プレイヤー 2 の手札：（あがり）
プレイヤー 3 の手札：残り 2 枚
プレイヤー 4 の手札：残り 2 枚
プレイヤー 5 の手札：（あがり）
他プレイヤーの未使用カード：S7 CT SK D2
交換履歴：
P3 ↑ P5（2 枚） P5 ↓ P3（2 枚）
P2 ↑ P4（1 枚） P4 ↓ P2（1 枚）
役提出履歴：

周	P1(11)	P2(11)	P3(10)	P4(10)	P5(11)
1			H-7	C-J	C-A
2	p	p	p	JO	p
3				S3	
4				H-9TJ	p
5	p	p	p	p H-6	S-8
6					DS-6
7	CS-9	DS-J	p	p	HS-2
8	p	p			p CD-7
9	DH-8				
10	C-3	C-8			
11		DS-T	p	p	p
12	DS-A	p			
13	p CS-5	DH-K	p	p	p
14	p	p CS-Q	p	p	p
15	p	p CD-4(1)	p	p	p
16	p		DH-Q	p	p
17	p		p DH-3	p	HS-4
18	p		DH-5		p
19			p D-9	C-K	C-2(2)
20	p		p	p	

図 3 第 353 セット第 816 試合 73 手目の局面（推定優位度 1.30 点）

表 5 図 3 の局面における探索結果

プレイヤー 3 の手札	各行動の期待順位		
	パス	C-6	H-A
S7 CT	4 位	5 位	4 位
S7 SK	4 位	4 位	5 位
S7 D2	5 位	5 位	5 位
CT SK	4 位	5 位	5 位
CT D2	4 位 or 5 位	4 位	5 位
SK D2	4 位	4 位	5 位

配置が他のパターンのときには、パスと他の行動の少なくとも一方が同順位になり評価の差はより小さくなるため、そう断言できる）この手札配置のとき、自分が C-6 から始めると C-T でスートしぼりを掛けられて、結果最下位になるところが肝である。

著者もこの推定には同意する。14 週目以降のダブル展開でプレイヤー 4 がパスを続けていることから SK はプレイヤー 3、初手としてプレイヤー 3 が H-7 を出していることから S7

はプレイヤー 4、プレイヤー 4 が序盤でジョーカーを使っており弱い札 2 枚を残しているとは考えづらいので S2 はプレイヤー 4、と推定するのが自然であろう。

実際の試合進行図 4 では予想通りプレイヤー 3 の手札が (CT SK) であり、読み通り空場パスによって 5 位を回避して 4 位に入った。

強さの順：革命中でない
プレイヤー 1（自分）の手札：C6 HA
プレイヤー 2 の手札：（あがり）
プレイヤー 3 の手札：CT SK
プレイヤー 4 の手札：S7 D2
プレイヤー 5 の手札：（あがり）
役提出進行：

周	P1(2)	P2(0)	P3(2)	P4(2)	P5(0)
21	p		C-T	D-2	
22			p	p S-7(3)	
23	H-A		p		
24	p C-6(4)				

図 4 図 3 の局面の実戦の進行

5.3 手札配置に関わらない空場パス最善局面の作成

図 3 の局面では 1 つの手札配置においてパスが最善でなく、パスが最善かどうかは手札の推定に依存していた。一方、図 5 のように未使用カードのスイートを変更することで、手札推定に関係なくパスが最善となる局面を作ることができる。図 5 の局面での各手札配置における結果を表 6 に示した。

強さの順：革命中でない
プレイヤー 1（自分）の手札：C6 HA
プレイヤー 2 の手札：（あがり）
プレイヤー 3 の手札：残り 2 枚
プレイヤー 4 の手札：残り 2 枚
プレイヤー 5 の手札：（あがり）
他プレイヤーの未使用カード：C7 CT CK D2

図 5 手札配置に関係なくパスが最善となる局面

図 3 においては、自分の次の手番のプレイヤー 3 が CT と D2 を持っている場合に、どちらを出しても残り 3 人の中で最初に上がれることが確実であった。この場合に C-T を出すと、プレイヤー 4 が S-K を出すことができ、D-2 で流れた後に S-7 を出して先に上がられてしまう。ただし自身の初手が C-6 であった場合には C-T でスイートしぼりがかかり流れるので、その場合には最下位にはならない。ゆえにこの手札配置においてはパスが最善でない。

表 6 図 5 の局面における探索結果

プレイヤー 3 の手札	各行動の期待順位		
	パス	C-6	H-A
C7 CT	4 位	4 位	4 位
C7 CK	4 位	5 位	5 位
C7 D2	5 位	5 位	5 位
CT CK	4 位	5 位	5 位
CT D2	5 位	5 位	5 位
CK D2	4 位	4 位	5 位

一方でプレイヤー 3 の手札が S7 と D2 である場合には、S-7 から出すと S-K によりスイートしぼりを掛けられてしまう可能性があるため、プレイヤー 3 は必ず D-2 から出さざるを得ない。この点に着目すると、図 3 の局面からカードのスイートのみが変更してされた局面において空場パスが最善となる必要条件として、A と 2 以外の未使用カードのスイートが全て同じであることが挙げられるとわかる。

実際にスイートを全てクラブに統一した局面が図 6 であるが、この局面は表 6 からわかるように手札推定を行わずに空場パス最善を確定させられる局面となる。この局面においてはプレイヤー 3 が D2 を持っている場合に弱い方の札 (C7, CT) を先に出すとスイートしぼりを掛けられて負けてしまう可能性が出てくる。そのためプレイヤー 3 は場が空でも C-6 でも D-2 を先に出さざるをえないので、先のような問題はなくなる。

ただし、その 2 パターンの手札配置のいずれにおいても、プレイヤー 4 にスイートしぼりを掛けられるので自分の最下位が確実である。C-6 も同じように最下位であるため、全体としてはパスの最善が確定する。

6. 二人完全情報ゲームにおける空場パス最善局面の有無の検討

本節では二人完全情報ゲームとしての大貧民型ゲームに限定し、パス最善局面の有無を検討する。

まず前提として、二人大貧民の空場においてパスのみが勝ちとなる局面は存在しないことを述べておく。

パスのみが勝ちとなる空場局面 A が存在したと仮定する。その局面でパスをした場合、相手も直後にパスをすれば、局面 A に戻ることになるので相手は少なくとも千日手に持ち込むことができる。これは局面 A が勝ち局面であったことに矛盾する。

そのためパスが単独最善であったとすれば、その結果は千日手による引き分けであることが保証される。

一方でパスの連続以外での千日手は、すでに使用されたカードが手札に戻り得るルールでなければ無い。以下では空場パスのみが千日手であり、他全ての行動が負けであるような局面が存在するかどうか検討する。

6.1 単貧民

単貧民 [4] は大貧民の最も簡単な形式のゲームであり、特殊ルールが一切無く 1 枚出しのみが認められる。一方でカードの強さの種類数や枚数には制限が無い。

単貧民においては木谷ら [5] が限定された問題の勝敗と必勝手順を証明しており、単貧民全体での必勝判定法と必勝手順の証明も完了している *21。その結果から、空場においてパスが単独最善とならないことが明らかである。

なお、木谷らの証明は単貧民の考え得るルールのうち、「パスの永続性」と「場が流れる条件」の全ての組み合わせを網羅するものではない。著者が独自に計算機実験を行った限りでは、パスが永続的かどうか、場が流れる条件が「全員のパス」か「一人を除く全員のパス」かのどの組み合わせであっても同じ条件式で勝敗を判定できることが予想されており、千日手も無さそうだと考えている。

6.2 複数系列単貧民

単貧民の拡張として、単貧民の系列を複数並べて空の場以外では場と同じ系列のカードしか出せないとした複数系列の単貧民を考える。この問題は特殊ルールが無く単体かグループ出しのみが認められる大貧民において「グループを崩して出してはいけない」とした問題のより一般的な形式である。つまり、複数系列の同じ強さのカードの枚数の和を 1 か 0 に限定した場合に同じ問題になる。

この場合に勝敗と必勝手順が多項式時間で求められるどうかは未解決問題であり、千日手の存在の可否も示されていないが、計算機実験を行った限りでは千日手局面を見つけることは出来なかった。

6.3 系列の減算を可能にした複数系列単貧民

複数系列単貧民において各系列に 1 から順に自然数を割り振り、系列間での減算を可能にした問題が考えられる。この問題は特殊ルールが無い大貧民において、グループを崩しても良い場合の一般化になる。

小さなサイズの問題での計算機実験の結果、こちらでも千日手局面は発見出来ていない。

6.4 UEC 標準ルール

UEC 標準ルールにおいて千日手であるような残り 2 人局面の報告はこれまで無く、本稿の実験においても、表 3 において残り 2 人局面での空場パスによって勝った局面は無かった。そのため残り 2 人局面は千日手にならないと予想している。

6.5 スペ 3 返しルールの拡張による空場パス最善局面の作成

UEC 標準ルール等では「スペ 3 返し」ルールが採用されている。このルールは最強札に対してのみ最弱札が勝つルールであるが、これを単貧民に対して拡張し、最強札（大貧民に倣って「2」とする）の上に最弱札（「3」とする）を出せるルールを考える。（出した際に場が流れるかどうかは不問とする）

このとき先手後手ともに（3 2）の手札を持つ局面は、先手が 3 を出しても 2 を出しても後手勝ちである。

ここで、UEC 標準ルールのようにパスの効果が永続的で場が流れる条件が全員のパスである場合、先手が空場パスをした後後手が自由に出せて勝てるので後手勝ちであるが、そうでない場合は先手空場パスの結果対称な局面になるので、双方パスによる千日手が最善となる。

しかし、このようにカードの強さの循環を利用した空場パス局面をスペ 3 返しルールのみで作るのは難しいと考える。多くのルールでジョーカーは最強札だけではなく他のカードの代替としてグループや階段で出すことが可能であり、強さの循環を回避できるためである。

7. 様々な特殊ルールについての議論

本節ではルールと人数を限定せず、日本各地で行われている大富豪の特殊ルールのうち、空場でパス最善の局面を生じうるものの例を挙げて議論する。なお、あくまで空場でのパスが合法であればという仮定の元での議論であり、実際に以下に挙げたルールの下で空場パスを合法として遊ばれることがあるかについては言及しない。

7.1 反則上がり

「反則上がり」は主には特定のカードを使用して上がることを禁止するルールである。

このルールにおいては、反則上がりに該当するカードしか持っていないプレイヤーは常にパスが最善となるため、全員がパスを続けて千日手になる可能性がある。

7.2 都落ち

「都落ち」は大富豪が 1 位で上がれなかった場合に大富豪の最下位が確定しゲームから離脱するルールである。このルールがある場合には大富豪以外のプレイヤーが協力して大富豪を上がらせないようにする戦略が有効である。

例えば自分が 2 枚組を複数持っており次のプレイヤー（大富豪でない）が残り 1 枚である場合には、次のプレイヤーを上がらせるためにパスをすることは十分に考えられる。

7.3 イレブンバック

「イレブンバック」は J のカードが場に出た場合に、場が流れるまでの間一時的に強さが逆転するルールである。

*21 木谷裕紀, 小野廣隆「二人単貧民の必勝判定問題」
火の国情報シンポジウム 2017 発表予定

革命の場合と同じく、次のプレイヤーがイレブンバックを起こすことを期待して空場でパスをする戦略が考えられる。

7.4 数しばり

「数しばり」は、連続した数字のカードが出された場合に次に提出可能な役の数字が連続したものに限定されるルールである。例えば4の上に5が提出された場合に、次には6しか出せなくなる。このルールの下ではスートしばりと同じく、弱い札で場を流すことが可能になる。図3の局面においてスートしばり回避のためパスが最善になったように、空場パスが有効となる局面が存在すると考えられる。

8. 考察

本稿では大貧民（大富豪）ゲームにおける空場パスの有効性を検証し、特に UEC 標準ルールに対してプログラム同士の対戦によりその頻度を算出した。

UEC 標準ルールにおいて空場パスが最善となる局面は実際の対戦でも出現することが示された。特に残り3人のときが多かったが、これは相手についての情報が少なく平均的に良い行動を選ばざるを得ない序中盤に比べて、相手の手札配置が主観的に絞られるゲームの終盤では、革命を期待したりスートしばりを回避したり等展開をピンポイントで予測して対処できるためだと考えられる。

また空場でパスをした試合の結果は最下位のことが多かった。実験用 Glicine の評価が不正確なために、パスによって順位を下げた局面も含まれているであろうが、基本的には劣勢のときに考慮すべき行動であると考えられる。

空場パスを考慮することの価値は試合あたり 0.00054 点程度と推定され、2016 年の UEC コンピュータ大貧民大会のライト級決勝、無差別級決勝の1試合あたり獲得得点のプレイヤー間標本分散がそれぞれ約 0.64 点と約 0.35 点である^{*22}ことを踏まえれば、空場でパスの考慮はそれほど重要な点ではないと考えられる。ただし先読み中の空場パスも考慮することが出来れば、より空場パスを生かせる展開に持ち込める可能性がある。

また本稿では、より多様なルール空間の中で空場パスについて議論した。最も単純なケースである二人単貧民においては単独最善になることは無く、多人数では様々な特殊ルールによって空場パスが最善となり得ることに言及したが、ミニマックス的な解析が可能な2人の場合においても、反則上がり絡み以外で千日手になることがあるかは単貧民を除けば不明であり、今後の研究課題である。

参考文献

- [1] 大渡勝己, 田中哲朗: 方策勾配を用いた教師有り学習によるコンピュータ大貧民の方策関数の学習とモンテカルロシミュレーションへの利用, 情報処理学会研究報告, 2016-GI-35, No. 10, pp. 1 - 8 (2016).
- [2] P. Auer, N. Cesa-Bianchi, and P. Fischer: Finite-time Analysis of the Multiarmed Bandit Problem, Machine Learning, Vol. 47, pp. 235 - 256 (2002).
- [3] D. Tolpin, S. E. Shimony: MCTS Based on Simple Regret, Proceedings of the Fifth Annual Symposium on Combinatorial Search, AAAI (2012).
- [4] 西野順二: 単貧民における多人数完全情報展開型ゲームの考察, ゲームプログラミングワークショップ 2007 論文集, pp. 66 - 73 (2007).
- [5] 木谷裕紀, 小野廣隆: 単貧民における必勝戦略と必勝判定問題に関する考察, 火の国情報シンポジウム 2016 論文集, 3B - 3, pp. 1 - 6 (2016).

^{*22} UECda2016 大会結果
<http://www.tnlab.inf.uec.ac.jp/daihinmin/2016/result.html>
2017.2.9 閲覧